

С. А. Кудрявцев, Д. М. Суворов

Вятский государственный университет, г. Киров

kudryavcev.stepan@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДОГРЕВА ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ ВО ВСТРОЕННЫХ ПУЧКАХ КОНДЕНСАТОРОВ ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ И ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

В работе произведен расчет энергетической эффективности подогрева подпиточной воды во встроенных пучках конденсатора при одноступенчатом подогреве сетевой воды на двух турбинах при работе ТЭЦ по электрическому графику, а также выполнено сравнение эффективности такого подогрева при одноступенчатом и при двухступенчатом подогреве сетевой воды.

Ключевые слова: *встроенный пучок, конденсатор, подпиточная вода, одноступенчатый подогрев, электрический график, математическая модель, ТЭЦ.*

S. A. Kudryavtsev, D. M. Suvorov

Vyatka State University, Kirov

EFFICIENCY OF HEATING MAKE-UP WATER IN THE BUILT-IN BEAMS OF TURBINE CONDENSERS WITH SINGLE-STAGE AND TWO-STAGE HEATING OF DELIVERY WATER

In the work, the energy efficiency of the make-up water heating in the built-in condenser beams was calculated for a single-stage heating of the delivery water in two turbines during the operation of the CHP according to the electrical schedule, and the efficiency of such heating was compared for the single-stage and two-stage heating of the delivery water.

Keywords: *built-in beam, condenser, the make-up water, single-stage heating, electrical schedule, mathematical model, CHP.*

Одним из основных направлений повышения эффективности работы теплофикационных паровых турбин является снижение потерь теплоты в холодном источнике. При подогреве подпиточной воды это может быть достигнуто путем подогрева ее во встроенных пучках (ВП) конденсатора. В работе рассмотрен вариант подогрева подпиточной воды во встроенных пучках конденсатора с отключенными основными пучками при работе ТЭЦ по электрическому графику. Энергетическая эффективность указанного способа была рассчитана с использованием математической модели турбоустановки Т-50-130 Уральского турбинного завода, разработанной в ВятГУ [1]. В работе применена методика расчета и общие граничные условия расчета при работе по электрическому графику, подробно охарактеризованные в ранее выполненных работах [2, 3].

Расчет производился при одноступенчатом подогреве сетевой воды на обеих турбинах. Первая турбина работает с закрытой регулирующей диафрагмы части низкого давления (РД ЧНД) при подогреве подпиточной воды во ВП и с расходом пара на нее, равным 70 кг/с. У второй турбины, работающей без подогрева подпиточной воды в конденсаторе и обеспечивающей работу ТЭЦ по электрическому графику (при изменении степени открытия РД ЧНД от 0 до 100 %) сравниваются два режима работы: при наличии подогрева подпиточной воды во ВП конденсатора первой турбины и при его отсутствии, причем суммарная электрическая мощность двух турбин должна оставаться постоянной для обоих режимов.

Расчеты были проведены при различных расходах пара на вторую турбину G , равных 70, 60 и 50 кг/с, что обеспечивает различную заданную электрическую нагрузку. Для обеих турбин была задана одинаковая величина расчетной заводской пропускной способности закрытой РД ЧНД [2, 3].

Расчеты проводились при различных давлениях в нижнем отопительном отборе второй турбины p_n , равных 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 и 180 кПа. Температура обратной сетевой воды t_2 задавалась неизменной и равной 50 °С.

Результаты расчетов и сравнения вариантов по величине удельной экономии теплоты турбоустановки $q_{уд}$ от температуры прямой сетевой воды τ_1 при различной степени открытия РД ЧНД $H_{РД}$ на второй турбине представлены на рис. 1-4.

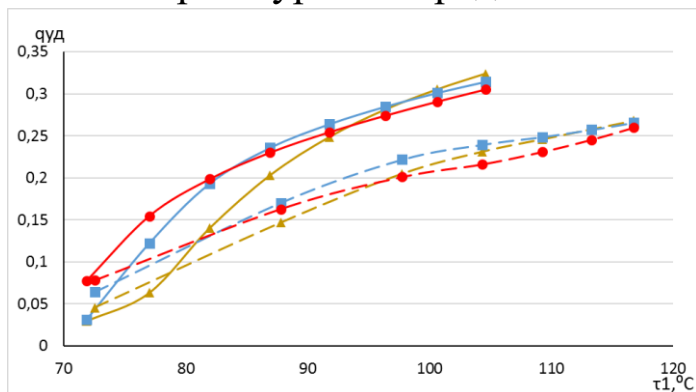


Рис. 1. Зависимость величины $q_{уд}$ от температуры прямой сетевой воды τ_1 при различных расходах пара на турбину G при $H_{РД} = 0\%$: одноступенчатый подогрев сетевой воды – сплошная линия; двухступенчатый подогрев сетевой воды – пунктирная линия. G равно: \blacktriangle – 70 кг/с; \blacksquare – 60 кг/с; \bullet – 50 кг/с

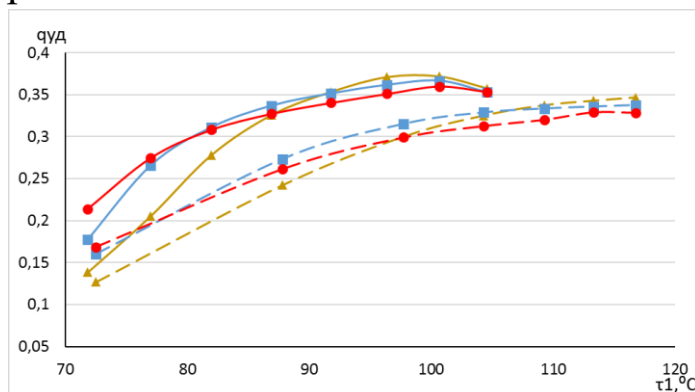


Рис. 2. Зависимость величины $q_{уд}$ от температуры прямой сетевой воды τ_1 при различных расходах пара на турбину G при $H_{РД} = 10\%$: одноступенчатый подогрев сетевой воды – сплошная линия; двухступенчатый подогрев сетевой воды – пунктирная линия. G равно: \blacktriangle – 70 кг/с; \blacksquare – 60 кг/с; \bullet – 50 кг/с

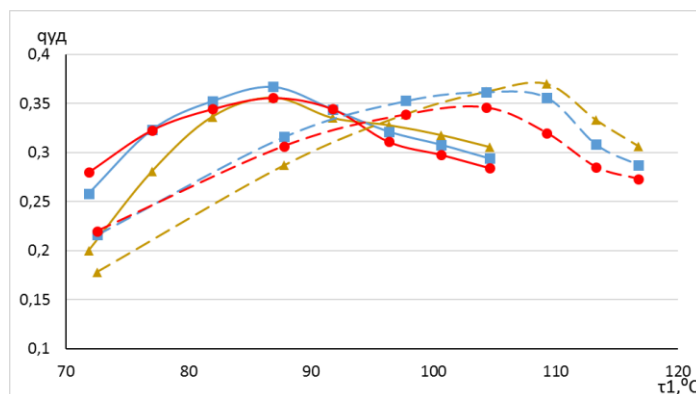


Рис. 3. Зависимость величины $q_{уд}$ от температуры прямой сетевой воды τ_1 при различных расходах пара на турбину G при $H_{РД} = 20\%$: одноступенчатый подогрев сетевой воды – сплошная линия; двухступенчатый подогрев сетевой воды – пунктирная линия. G равно: \blacktriangle – 70 кг/с; \blacksquare – 60 кг/с; \bullet – 50 кг/с

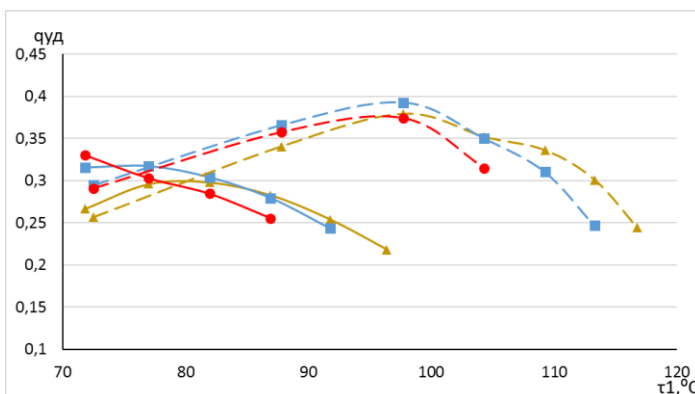


Рис. 4. Зависимость величины $q_{уд}$ от температуры прямой сетевой воды τ_1 при различных расходах пара на турбину G при $H_{РД} = 50\%$: одноступенчатый подогрев сетевой воды – сплошная линия; двухступенчатый подогрев сетевой воды – пунктирная линия. G равно: \blacktriangle – 70 кг/с; \blacksquare – 60 кг/с; \bullet – 50 кг/с

По результатам выполненных расчетов можно сделать следующие выводы.

1. Как при одноступенчатом, так и при двухступенчатом подогреве величина $q_{уд}$ положительна, но не превосходит 0,4, что как минимум вдвое ниже, чем при работе по тепловому графику. Это говорит о положительном энергетическом эффекте и о целесообразности сохранения подогрева подпиточной воды во ВП конденсаторов при переходе турбоустановок с теплового графика на электрический при любых схемах подогрева сетевой воды.

2. Работа по электрическому графику с подогревом подпиточной воды во ВП конденсаторов при величинах $N_{рд}$, не превышающих 20 %, относительно более эффективна при одноступенчатом подогреве, нежели при двухступенчатом. При этом необходимо отметить, что прямое сопоставление между собой режимов работы с двухступенчатым и одноступенчатым подогревом сетевой воды невозможно, потому что режимы, отраженные на рис.1-4, имеют при одинаковых $N_{рд}$ и τ_1 различные тепловые и электрические нагрузки для одноступенчатого и для двухступенчатого подогрева сетевой воды, различные расходы сетевой воды для каждой из турбин и ТЭЦ в целом, и непосредственно друг с другом они не сравниваются.

Список использованных источников

1. Татаринова Н. В., Суворов Д. М., Сущих В.М. Математические модели теплофикационных паротурбинных установок на основе экспериментальных характеристик турбинных ступеней и отсеков // Надежность и безопасность энергетики. 2017. Т. 10, №. 4. С. 330–339.
2. Мохов К. С., Суворов Д. М. Эффективность подогрева подпиточной воды во встроенных пучках конденсаторов при работе ТЭЦ по электрическому графику // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УрФУ, 2018. С. 323–326.
3. Шемпелев А. Г., Суворов Д. М., Иглин П. В. Эффективность использования встроенных пучков конденсаторов теплофикационных турбин для подогрева подпиточной воды // Проблемы региональной энергетики. Изд-во: Институт энергетики Академии наук Молдовы (Кишинев). 2018. № 3 (38). С. 36–51.